

## 2 - Elementos estructurales de hormigón

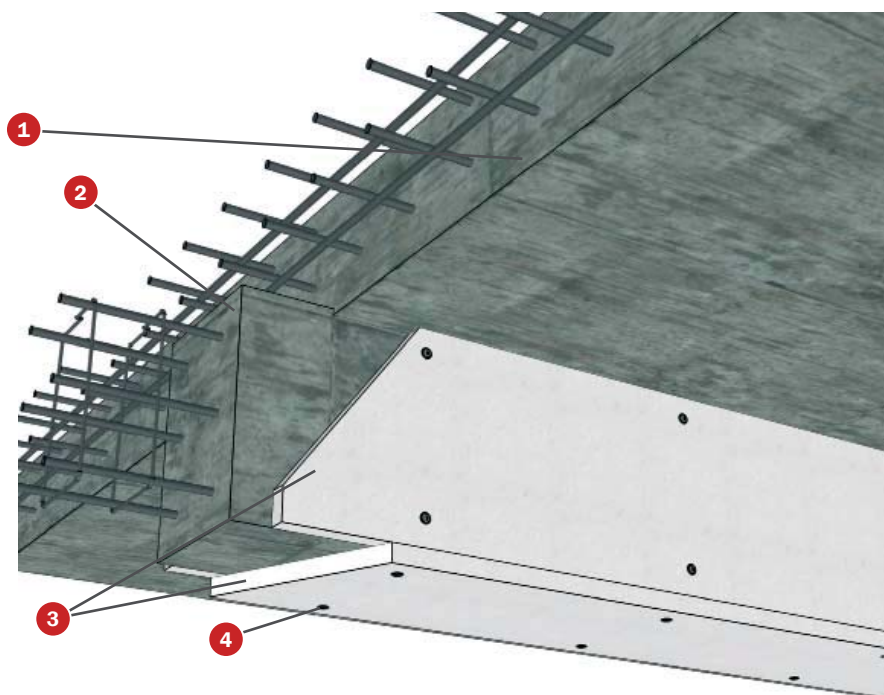
A pesar de su falta de combustibilidad y baja conductividad térmica, el hormigón experimenta durante el incendio la formación de presiones porosas y de tensiones internas dúctiles que generan astillas explosivas. Esto tiene como resultado la pérdida de secciones y la exposición del acero de refuerzo a temperaturas extremadamente elevadas.

Adicionalmente, debido al calentamiento, en particular a temperaturas superiores a los 300 °C, el hormigón pierde resistencia. Estos problemas pueden ser enfrentados mediante la protección pasiva contra los incendios de los elementos estructurales de hormigón.

La protección contra incendios de los elementos estructurales de hormigón, sirve para prevenir la explosión de esquirlas a la que un grado superior de hormigón es mucho más sensible.

En términos generales, la protección pasiva contra incendios se convierte en un asunto prioritario en cualquier lugar donde se presente una combinación que englobe los siguientes aspectos: prevención de explosión de astillas; protección de refuerzo y acero, para que no exceda temperaturas críticas; protección para que el hormigón no exceda temperaturas excesivas.

## 2.1 PROTECCIÓN VIGAS Y LOSAS DE HORMIGÓN TECBOR® A R-30 - R-240



### ENSAYO

**Norma:** UNE EN 13381-3.

**Laboratorio:** APPLUS.

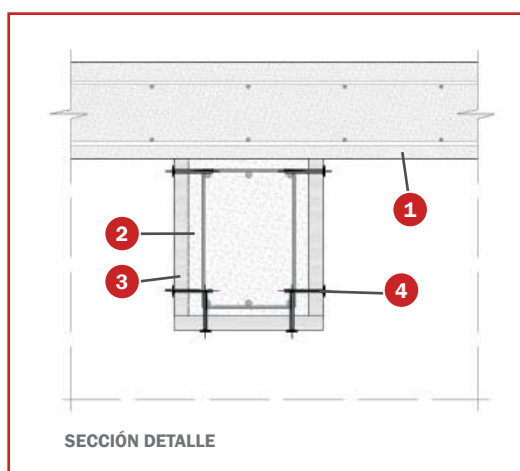
**Nº Ensayo:** 12-3550-541 M-1 Y 12-3550-656.

### SOLUCIÓN

- 1 Forjado.
- 2 Viga de hormigón.
- 3 Paneles **Tecbor**®.
- 4 Anclajes metálicos DBZ 6/35.

### DESCRIPCIÓN DE MONTAJE

Debido a que se ensayaron espesores mínimos y máximos, dependiendo de la REI solicitada se necesitarán instalar un número de capas determinadas. Los paneles se fijan directamente al hormigón mediante anclajes metálicos de impacto tipo Hilti DBZ. Los



paneles irán unidos a hueso no necesitando ningún tipo de pasta de unión. solo en el caso donde el hueco entre juntas sea mayor a 3 mm, entonces será necesaria la aplicación de una masilla acrílica **Tecsel**®.

TECBOR®



Elementos estructurales de hormigón



## EFFECTO SPALLING

Esta explosión es la ruptura violenta de las capas o piezas de hormigón de la superficie de un elemento estructural cuando ha sido expuesto a un aumento rápido de temperaturas, como el que tiene lugar en un incendio.

Esto normalmente se lleva a cabo durante los primeros 20 o 30 minutos en una conflagración. Muchos materiales, (por ejemplo: la permeabilidad, el nivel de saturación, el tamaño y el tipo de agregado, la presencia del resquebrajamiento y el refuerzo); las formas geométricas (como el tamaño de la sección) y el medio ambiente (el nivel de resistencia, o la tasa y el perfil de calentamiento), han sido factores que influyen en la explosión de astillas durante un incendio, como se ha identificado a partir de las investigaciones.

Los principales factores que repercuten en las esquirlas son: la tasa de calentamiento (especialmente sobre los 2° o 3°C/minuto), la permeabilidad del material, el nivel de saturación de los poros (especialmente sobre 2 o 3% de contenido de humedad por peso del concreto), la presencia de refuerzo y el nivel de resistencia externa aplicada.

La baja permeabilidad del hormigón muestra una mayor tendencia para astillarse, que aquél con la resistencia normal del hormigón, a pesar de su mayor resistencia a la tensión.

Esto se debe a que mayores presiones en los poros se van construyendo durante el calentamiento debido a la baja permeabilidad del material. También, el punto más alto en la presión de los poros ocurre más cerca de la superficie para el hormigón.

## PROTECCIÓN CON PANELES TECBOR®

La resistencia al fuego de los elementos estructurales de hormigón varía de acuerdo con su densidad, grado de humedad, composición y los factores de tamaño y distancia al borde del eje de la armadura metálica.

Con los métodos de cálculo que figuran en la Norma ENV 1992-1-2 1955, Eurocódigo 2 parte 1-2 pueden diseñarse elementos estructurales de hormigón que tengan la necesaria capacidad portante y compartimentadora exigibles para una acción térmica normalizada.

No obstante, para mejorar la capacidad resistente del hormigón, los paneles **Tecbor®** ofrecen una solución técnica económica, sencilla en ejecución y muy efectiva, aumentando la resistencia al fuego de los elementos estructurales de hormigón.

El EUROCÓDIGO 2, establece la posibilidad de utilizar sistemas de protección y mejora que cuenten con el correspondiente ensayo para determinar

tanto el espesor equivalente del material como su capacidad para permanecer cohesivo y coherente con el forjado.

El CTE en su anejo C recoge también estas especificaciones.

Los paneles **Tecbor®** tienen su correspondiente ensayo según Norma UNE ENV 13381-3:2004. Mediante ese ensayo se han obtenido los factores equivalentes en hormigón de los paneles **Tecbor®** para distintas resistencias al fuego. Los espesores a aplicar se determinan de acuerdo con dichos factores.

**Mercor tectesa®** ha realizado el estudio para calcular el espesor mínimo de placas **Tecbor®** para conseguir determinadas T críticas a diferentes espesores de recubrimiento tanto de losas como de vigas de hormigón.

## Estudio para encontrar el espesor mínimo de placas Tecbor® A para conseguir determinadas T críticas a diferentes espesores de recubrimiento de vigas de hormigón.

Los datos se han obtenido a partir de los resultados de ensayo mostrados en los informes 12/3550-656, 12/3550-200, 12/3550-201 y suponiendo una relación lineal entre espesor de protección "Tecbor® A" y su comportamiento al fuego.

Casillas sin valor numérico indican que el valor correspondiente es superior al valor máximo ensayado (40 mm).

Casillas con valor 0 indican que no es necesaria la aplicación de protección debido a la propia resistencia al fuego de la viga de hormigón.

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R30						
≥5	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Esesor mínimo de protección (mm) para R60						
5-9	10	0	0	0	0	0	0
≥10	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Esesor mínimo de protección (mm) para R90						
5-9	18	13	10	10	10	0	0
10-14	11	10	10	0	0	0	0
15-19	10	0	0	0	0	0	0
≥20	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Esesor mínimo de protección (mm) para R120						
5-9	28	26	23	21	18	16	16
10-14	24	21	17	14	11	10	10
15-19	17	12	10	10	0	0	0
20-24	11	10	0	0	0	0	0
25-29	10	10	0	0	0	0	0
30-34	10	10	0	0	0	0	0
35-39	10	10	0	0	0	0	0
40-44	10	0	0	0	0	0	0
45-49	10	0	0	0	0	0	0
50-54	10	0	0	0	0	0	0
55-59	10	0	0	0	0	0	0
≥60	0	0	0	0	0	0	0

Tablas para R180 y R240 se han obtenido con datos únicamente del ensayo de espesor máximo 12/3550-200.

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Esesor mínimo de protección (mm) para R180						
≥5	40	40	40	40	40	40	40

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Esesor mínimo de protección (mm) para R240						
5-9	-	-	-	-	-	40	40
10-14	-	-	-	-	40	40	40
15-19	-	-	-	40	40	40	40
20-24	-	-	40	40	40	40	40
25-29	-	40	40	40	40	40	40
30-34	-	40	40	40	40	40	40
35-39	-	40	40	40	40	40	40
40-44	-	40	40	40	40	40	40
45-49	-	40	40	40	40	40	40
≥50	40	40	40	40	40	40	40



## Estudio para encontrar el espesor mínimo de placas Tecbor® A para conseguir determinadas T críticas a diferentes espesores de recubrimiento de losas de hormigón.

Los datos se han obtenido a partir de los resultados de ensayo mostrados en los informes 12/3550-541, 12/3550-167, 12/3550-199 y suponiendo una relación lineal entre espesor de protección "Tecbor A" y su comportamiento al fuego.

Casillas sin valor numérico indican que el valor correspondiente es superior al valor máximo ensayado (40 mm).

Casillas con valor 0 indican que no es necesaria la aplicación de protección debido a la propia resistencia al fuego de la losa de hormigón.

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R30						
≥5	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R60						
≥5	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R90						
5-9	27	24	22	19	17	14	12
10-14	21	18	15	11	10	10	10
15-19	14	10	10	0	0	0	0
20-24	10	0	0	0	0	0	0
≥25	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Esesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R120						
5-9	30	28	26	24	22	20	17
10-14	27	25	22	20	17	15	13
15-19	24	21	18	15	12	10	10
20-24	22	18	15	11	10	10	10
25-29	19	15	11	10	10	0	0
30-34	16	12	10	10	0	0	0
35-39	10	10	10	0	0	0	0
40-44	10	10	0	0	0	0	0
≥45	0	0	0	0	0	0	0



	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Espesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R180						
5-9	-	-	-	-	-	-	36
10-14	-	-	-	38	34	29	25
15-19	-	37	33	29	25	22	18
20-24	36	32	28	24	20	16	12
25-29	33	29	25	21	17	13	10
30-34	30	26	22	17	13	10	10
35-39	27	22	18	14	10	10	10
40-44	23	18	14	10	10	0	0
45-49	20	15	10	10	0	0	0
50-54	17	11	10	10	0	0	0
55-59	14	10	10	0	0	0	0
60-64	10	10	0	0	0	0	0
65-69	10	0	0	0	0	0	0
≥70	0	0	0	0	0	0	0

	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
Espesor del recubrimiento "g" (mm)	Espesor mínimo de protección (mm) para R240						
5-9	-	-	-	-	-	-	-
10-14	-	-	-	-	-	-	-
15-19	-	-	-	-	-	-	-
20-24	-	-	-	-	-	-	38
25-29	-	-	-	-	-	38	28
30-34	-	-	-	-	38	28	19
35-39	-	-	-	38	29	19	10
40-44	-	-	38	29	19	10	10
45-49	-	40	31	21	12	10	0
50-54	-	33	23	14	10	0	0
55-59	36	27	18	10	0	0	0
60-64	30	21	12	10	0	0	0
65-69	25	15	10	0	0	0	0
70-74	20	11	10	0	0	0	0
75	15	10	0	0	0	0	0

**Nota:** para R240 no se puede encontrar valores para profundidades mayores de 75 mm, ya que no se disponen de valores de temperatura a mayores profundidades porque la profundidad máxima a la que se han de situar termopares es de 75 mm (s. UNE EN 13381-3:2004)

